

## **Вилучення іонів важких металів із стічних вод за допомогою магнітокерованої біосорбції.**

### **Извлечение ионов тяжёлых металлов из сточных вод с помощью магнитоуправляемой биосорбции.**

#### **Investigation of ions of heavy metal extraction from waste waters mechanisms by magnetocontrolled biosorption.**

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0109U002635**
- 2. Науковий керівник -** д.т.н., проф. Горобець С.В., Горобец С.В., Gorobets Svitlana V.
- 3. Суть розробки, основні результати.**

**(укр.)**

Отримано зображення комплексів магнітні наночастки-біосорбент (дріжджі *S.cerevisiae*) до та після процесу біосорбції. Визначене співвідношення між активною та пасивною магнітокерованою біосорбцією в залежності від тривалості процесу сорбції. Визначене співвідношення між активною та пасивною магнітокерованою біосорбцією в залежності від величини зовнішнього магнітного поля. Визначене співвідношення між активною та пасивною магнітокерованою біосорбцією в залежності від кількості магнітних наночасток, прикріплених до поверхні біосорбенту. Отримано температурну залежність ефективності магнітокерованої біосорбції. Отримано залежності заряду поверхні біосорбенту від кількості магнітних наночасток в процесі біосорбції. Отримано залежності заряду поверхні біосорбенту в залежності від величини зовнішнього магнітного поля. Отримано залежності заряду поверхні магнітокерованого біосорбенту [магнітні мітки-дріжджові клітини *Saccharomyces cerevisiae*] в процесі біосорбції шляхом вимірювання електрофоретичної рухливості при використанні різних способів перемішування (механічного та магнітогідродинамічного). Розроблено конструкцію камери для мікроелектрофорезу з параметрами необхідними для даного дослідження. Отримано залежності рівня сорбції-десорбції та рН водного середовища в процесі магнітокерованої біосорбції. Здійснена оптимізація параметрів процесу магнітокерованої біосорбції. Запропоновані та вдосконалені теоретичні моделі, які описують механізми вилучення іонів важких металів. Розроблені нові дешеві методи виготовлення та створення стабільних магніточутливих комплексів дріжджі-магнітні наночастки з поліпшеними властивостями. Отримані принципово нові знання та факти щодо механізмів вилучення іонів важких металів із рідин за допомогою магнітокерованої біосорбції, які дозволять значно оптимізувати та вдосконалити технологію очищення стічних вод від іонів важких металів в швидкісному режимі за допомогою магнітокерованої біосорбції.

**(рос.)**

Предложены и усовершенствованы теоретические модели, которые описывают механизмы извлечения ионов тяжёлых металлов. Разработаны новые дешёвые методы изготовления стабильных магниточувствительных комплексов дрожжи-магнитные наночастицы с улучшенными свойствами. Получены принципиально новые знания и факты относительно механизмов извлечения ионов тяжёлых металлов из жидкостей с помощью магнитоуправляемой биосорбции, которые позволяют значительно оптимизировать технологию очищения сточных вод от ионов тяжёлых металлов в скоростном режиме.....

**(англ.)**

Theoretical models which feature mechanisms of extraction of ions of heavy metals are offered and developed. New low-cost methods of manufacturing stable magnetosensitive complexes barm/magnetic nanoparticles with the refined properties are developed. Essentially new knowledge and the facts concerning mechanisms of extraction of ions of heavy metals from fluids by means of magnetocontrolled biosorption which allow to optimize considerably production engineering of purification of sewage from ions of heavy metals in a velocity regime are gained.....

- 4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

- Патент на корисну модель № 40857. Спосіб отримання насадки магнітного сепаратора / Горобець С.В., Горобець О.Ю., Дереча Д.О. – опубл. 27 квітня 2009 р. Бюл. №8;
- Патент на корисну модель №40135. Спосіб отримання насадки магнітного сепаратора / Горобець С.В., Горобець О.Ю., Кузнецов Ю.О. – опубл. 25 березня 2009 р. Бюл. №6;
- Патент на корисну модель № 40857. Спосіб отримання насадки магнітного сепаратора / Горобець С.В., Горобець О.Ю., Дереча Д.О. – опубл. 27 квітня 2009 р. Бюл. № 8;
- Патент на корисну модель № 49326. Спосіб отримання високоградієнтної феромагнітної насадки магнітного фільтра / Горобець С.В., Горобець О.Ю., Біло О.М., Михайленко Н.О. – опубл. 26 квітня 2010 р. Бюл. №8;
- Патент на корисну модель № u201101535. Фракціонатор / Горобець С.В., Горобець О.Ю., Михайленко Н.О., Дем'яненко І.В. – опубл. 26 вересня 2011, Бюл. №18.
- Заявка на винахід. Спосіб отримання розгалуженої поверхні насадки магнітного сепаратора / Горобець С.В., Горобець О.Ю., Двойненко О.К., Михайленко Н.О. (травень 2011).

## **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Результати відповідають світовому рівню, а даний метод вилучення іонів важких металів із стічних вод є недорогим у використанні та достатньо ефективним. Переваги запропонованого методу:

- високий ступінь очищення рідини (в порівнянні з результатами, що забезпечуються традиційними способами очищення);
- можливість вилучення біомаси після процесу сорбції у швидкісному режимі;
- використання в якості біосорбенту дріжджів *S.cerevisiae*, які є безпечними для людини, мають значний потенціал в акумуляції широкого діапазону катіонів металів та є вторинним продуктом багатьох ферментативних виробництв. Використання такого біосорбенту дозволяє одночасно проводити очищення стічних вод та вирішувати проблему утилізації біомаси.

## **6. Економічна привабливість для просування на ринок**

Застосування розробленого способу дозволяє значно знизити собівартість та підвищити ефективність очищення стічних вод від іонів важких металів.

## **7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).**

Підприємства виробничого комплексу у яких існує проблема очищення стічних вод від іонів важких металів та радіонуклідів, зокрема, гальванічні виробництва, машинобудівна та металургійна промисловості, атомні електростанції тощо.

## **8. Стан готовності розробки.**

Розроблено новий метод багатовихрового магнітогідродинамічного перемішування, який підвищує ефективність процесу біосорбції. Розроблено сорбент на основі хлібопекарних дріжджів з приєднаними магнітними мітками. Отримані нові знання щодо механізмів вилучення іонів важких металів із рідин за допомогою магнітокерованої біосорбції.

## **9. Існуючі результати впровадження.**

Основні положення роботи впроваджені у лабораторних роботах з курсу «Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної фільтрації (сепарації)» (факультет біотехнології і біотехніки НТУУ «КПІ»). Опубліковано навчальний посібник для студентів з грифом МОН України: «Біофункціоналізація наноматеріалів і нанокомпозитів. Навчальний посібник». Проводиться сумісне використання технології і пристроїв з Інститутом проблем безпеки атомних станцій НАН України та КП УЖКГ м. Славутич, Київська обл. За матеріалами роботи захищені кандидатські дисертації за темами: «Особливості структури міжфазної поверхні феромагнетик-електроліт в магнітному полі», «Вплив магнітостатичних полів на автоколивальну корозію феромагнітних металів» та захищено магістерські дисертації

за темами: «Розробка конструкції високоградієнтної феромагнітної насадки для магнітного сепаратора», «Дослідження та розробка конструкції установки для очищення робочих середовищ від іонів важких металів».

#### 10. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ"КПІ", факультет біотехнології і біотехніки, кафедра біоінформатики, тел. (044) 406-80-54, e-mail: [pitbm@ukr.net](mailto:pitbm@ukr.net)

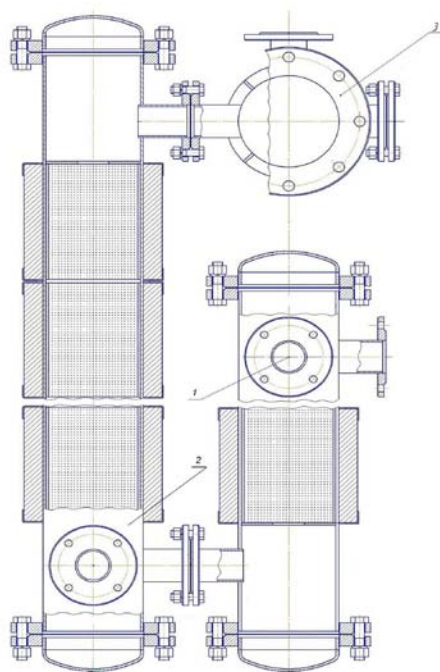


Схема установки для магнітокерованої біосорбції  
1—змішувач. 2—біосорбер, 3—магнітний сепаратор.

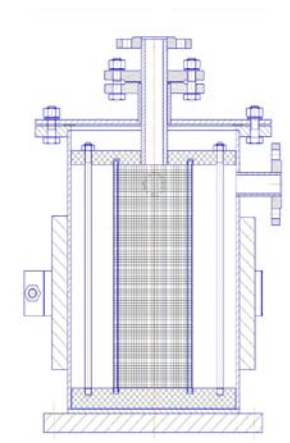


Схема магнітного сепаратора

#### 11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Gorobets S.V., Gorobets O.Yu., Bylo O.N., Potyomkin M.M. Preparation of high-gradient ferromagnetic matrices for magnetic filters (separators) with fractal surface structure by magnetoelectrolysis // Journal of Functional Materials - 2009. - Vol.16, - № 3, - P. 347 – 350
2. Горобець С.В., Горобець О.Ю., Двойненко О.К. Очищення стічних вод від іонів важких металів магнітокерованим біосорбентом за допомогою високоградієнтних магнітних полів // Журнал Електроника и связь. Тематический выпуск XXIX международная конференция «Электроника и нанотехнологии» - 2009. - ч.2, № 4-5., С. 190-193.
3. Горобець С.В., Карпенко Ю.В. Інтенсифікація сорбційної здатності дріжджів *S. Cerevisiae* за допомогою багато вихрового магнітогідродинамічного перемішування // Журнал Електроника и связь. Тематический выпуск XXIX международная конференция «Электроника и нанотехнологии» .– 2009. - ч.1, № 2-3. - С. 191-195.
4. Горобець С.В., Горобець О.Ю., Лізунов В.В. Магнітокерована біосорбція іонів важких металів з технологічних розчинів // Електронне видання: <http://naukainform.kiev.ua>.
5. Горобець С.В., Біло О.М., Дем'яненко І.В. Технологія очистки стічних вод за допомогою ВГФН // 75 –а наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», Київ, 13-14 квітня 2009. – С.319.
6. Горобець С.В., Колесник М.М., Трегуб М.С. Інтенсифікація сорбційної здатності висушених дріжджів *S. Cerevisiae* за допомогою багатовихрового МГД перемішування // 75 –а наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів

- «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті», Київ, 13-14 квітня 2009. – С.320.
7. Горобець С., Біло О., Дем'яненко І., Михайленко Н. Технологія очистки рідини від біологічних об'єктів за допомогою високо градієнтної феромагнітної насадки // Збірник тез V міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів «Молодь і поступ біології», 12-15 травня 2009 р.- Т. 2.- Львів, 2009. – С.102-103.
  8. Горобець С.В., Колесник М.М., Карпенко Ю.В., Дем'яненко І.В. Порівняння сорбційної здатності живих та висушених дріжджів *S. Cerevisiae* для очищення стічних вод при механічному перемішуванні // V міжнародна наукова конференція студентів та аспірантів «Молодь і поступ біології», 12-15 травня 2009 р. Львів. - С. 51-52.
  9. Gorobets S.V., Karpenko Y. V. Mechanism of receipt of the magnetically operated biosorbent by multivortical magnetohydrodynamic mixing // International scientific workshop: oxide materials for electronic engineering – fabrication, properties and application. June 22-26, Lviv, 2009. - P. 169.
  10. Gorobets S.V., Kolesnyk M.M. Comparison of sorption ability of alive and dried yeasts *S. Cerevisiae* for purification of waste waters under mechanical stirring // International scientific workshop: oxide materials for electronic engineering – fabrication, properties and application. June 22-26, Lviv, 2009. - P. 191.
  11. Горобець С.В., Дем'яненко І.В. Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної сепарації (фільтрації) // Електронний навчальний посібник, Навчальна праця з грифом Рекомендовано Методичною радою НТУУ «КПІ». Свідоцтво НМУ Е10/10-042 від 28.10.10, протокол № 7, тип носія CD диск, фізичний формат запису – документ MS Word, MS DOS.
  12. Горобець С.В., Маніло М.В. Біосорбція іонів міді магнітоміченими дріжджами // Всеукраїнська конференція з питань безпеки харчування – Київ – 2010 (27-29 березня). - С.31.
  13. Горобець С.В., Двойненко О.К., Михайленко Н.О., Лебеда Г.Л., Чередниченко Д.А. Технологія очищення стічних вод від іонів важких металів за допомогою високоградієнтних магнітних полів // Всеукраїнська конференція з питань безпеки харчування – Київ – 2010 (27-29 березня). - С.54-55.
  14. Gorobets S.V., Manilo M.V. Biosorption of Cu (II) ions by magnetically labeled yeast // International conference «PHYSICS OF LIQUID MATTER: MODERN PROBLEMS» PLM MP – 2010. May 21-24. KYIV- P.311.
  15. Gorobets S.V. Stabilization of biosorption of Cu (II) ions by magnetically labeled yeast / S.V.Gorobets, M.V.Manilo // International workshop «Magnetic phenomena in micro-and Nano-Structures» 2010. May 27-29. Donetsk – P. 87.
  16. Горобець С.В., Горобець О.Ю., Двойненко О.К., Михайленко Н.О. Очищення стічних вод від іонів купруму (II) магнітокерованим біосорбентом за допомогою високоградієнтних феромагнітних насадок // Наукові вісті НТУУ "КПІ" . – 2010. - №3. - С. 21-25.
  17. Горобець С.В. Демяненко І.В., Колесник М.М., Карпенко Ю.В. Отримання сухого магнітокерованого сорбенту на основі *S. Cerevisiae* // Наукові праці студентів та аспірантів – переможців щорічних конкурсів на здобуття фінансової підтримки НТУУ «КПІ». - 2010 р. - С.29-31.
  18. Біофункціоналізація наноматеріалів і нанокомпозитів. Навчальний посібник / П.П.Горбик. С.В.Горобець, М.П.Турелик, В.Ф. Чехун, А.П.Шпак. Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (№1/11 – 4504 від 03.06.11). – К.: Наукова думка, 2011. – 294 с.
  19. Горобець С.В., Горобець О.Ю., Двойненко О.К., Лебеда Г.Л. Вплив магнітостатичних полів феромагнітної підкладки на електроосадження нікелевих

- дендритів // Наукові вісті НТУУ «КПІ», «Проблеми хімії та хімічної технології». – 2011. - №2. – С.143-147.
20. Горобець С.В., Горобець О.Ю., Дем'яненко І.В. Самоорганізація наночасок магнетиту при наданні магнітних властивостей дріжджам *Saccharomyces cerevisiae* // Наукові вісті НТУУ КПІ - №3 - 2011 - С.33-42.
  21. Горобець С. В., Горобець О. Ю., Двойненко О. К., Чередниченко Д. А. Морфологія дендритних структур Ni при електроосажденні у зовнішньому магнітному полі на феромагнітну підкладку // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 2011. – Т. 33, № 8 . – С. 1065-1073.
  22. Gorobets S.V., Dvoynenko O.K., Mykhailenko N.O. Hight gradient ferromagnetic matrix in the form of self alike dendritic Ni nanostructures parameters research // XIII International conference “Physics and technology of thin films and nanosystems” (Ivano-Frankivsk, 2011, May, 16-21). – 2011. – V.2. – P.122.
  23. Gorobets S.V., Karpenko Yu.V. Research of electrophoretic mobility magnetically labled based on the yeast *C. Serevisiae* biosorbents of copper ions // *Functional Materials: International Conference*, 3—8 October 2011 : Abstracts. — Crimea, Partenit, 2011. – P. 390.
  24. Gorobets S.V., Gorobets O.Yu., Dvoynenko O.K., Mykhailenko N.A. Influence of magnetostatic fields of the ferromagnetic substrate on the electrodeposition of Ni dendritic structures // *Functional Materials: International Conference*, 3—8 October 2011 : Abstracts. — Crimea, Partenit, 2011. — P. 392.
  25. Горобець С.В., Карпенко Ю.В. Дослідження електрофоретичної рухливості клітин дріжджів *S.cerevisiae* // *Біотехнологія XXI століття: Тези доповідей V регіональної науково-практичної конференції викладачів, науковців, аспірантів, молодих вчених та студентів (Київ, 26 квітня 2011 р.)*. – 2011. – С.71.
  26. Горобець С.В., Михайленко Н.О. Дослідження процесу сорбції наномagnetиту клітинами дріжджів *S.cerevisiae* // *Біотехнологія XXI століття: Тези доповідей V регіональної науково-практичної конференції викладачів, науковців, аспірантів, молодих вчених та студентів (Київ, 26 квітня 2011 р.)*. – 2011. – С.74.
  27. Горобець С.В. Горобець О.Ю., Біло О.М., Варчук М.М. Систематизація методів отримання високо градієнтних феромагнітних насадок для магнітного сепаратора // *Біотехнологія XXI століття: Тези доповідей V регіональної науково-практичної конференції викладачів, науковців, аспірантів, молодих вчених та студентів (Київ, 26 квітня 2011 р.)*. – 2011. – С.81.
  28. Горобець С.В., Чередниченко Д.А., Двойненко О.К. Морфологія дендритних структур Ni при електроосажденні у зовнішньому магнітному полі на феромагнітну підкладку // *Біотехнологія XXI століття: Тези доповідей V регіональної науково-практичної конференції викладачів, науковців, аспірантів, молодих вчених та студентів (Київ, 26 квітня 2011 р.)*. – 2011. – С.80.
  29. Горобець С.В., Лебеда Г.Л. Дослідження магнітостатичних полів феромагнітної підкладки на електроосаждення нікелевих дендритів // *Біотехнологія XXI століття: Тези доповідей V регіональної науково-практичної конференції викладачів, науковців, аспірантів, молодих вчених та студентів (Київ, 26 квітня 2011 р.)*. – 2011. – С.79.
  30. Горобець С.В., Лебеда Г.Л. Вплив магнітостатичних полів феромагнітної підкладки на електроосаждення нікелевих дендритів в установці для отримання магнітних нанокомпозитів // *Біотехнологія XXI століття: Тези доповідей V регіональної науково-практичної конференції викладачів, науковців, аспірантів, молодих вчених та студентів (Київ, 26 квітня 2011 р.)*. – 2011. – С.121.